



500.43169X00

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): R. OKADA, et al.

Serial No.: 10/670,355

Filed: September 26, 2003

Title: OPTICAL SWITCH AND A CONTROL METHOD THEREOF

**LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

November 25, 2003

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby  
claim(s) the right of priority based on:

**Japanese Patent Application No. 2002-288192**  
**Filed: October 1, 2002**

A certified copy of said Japanese Patent Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

---

Ronald J. Shore

Registration No.: 28,577

RJS/MK/rr  
Attachment

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年 1 0 月    1 日  
Date of Application:

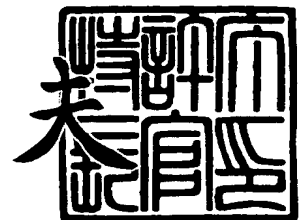
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 2 8 8 1 9 2  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 2 8 8 1 9 2 ]

出      願                      人                      株式会社日立製作所  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 2 8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 1502005561

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 26/01

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地 株式会社 日立製作所  
                                機械研究所内

    【氏名】 岡田 亮二

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地 株式会社 日立製作所  
                                機械研究所内

    【氏名】 石川 忠明

【特許出願人】

    【識別番号】 000005108

    【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

    【識別番号】 100075096

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 作田 康夫

    【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 013088

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

**【書類名】 明細書****【発明の名称】 光スイッチ、およびその制御方法****【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数の光ファイバを伝播する通信光を切り替える光スイッチであって、  
入力光が光学的に連絡する複数の入力側レンズと、  
前記入力側レンズを経た前記光が光学的に連絡する複数の可動ミラーと、  
前記可動ミラーを経た前記光が光学的に連絡する複数の出力側レンズと、を備え、  
前記複数の入力側レンズは、第一の外部装置からの通信光が入力側光ファイバを伝播して光学的に連絡する第一の入力側レンズと、発光部からの光が光学的に連絡する第二の入力側レンズと、  
前記可動ミラーに光学的に連絡する光を発生する発光部と前記可動ミラーを経た前記発光部からの光が光学的に連絡する受光部と、を有し、  
前記複数の出力側レンズは、第二の外部装置へ通信光を伝播する第二の出力側光ファイバにレンズを経た光が光学的に連絡する第一の出力側レンズと、前記発光部からの光がレンズを経て受光部に光学的に連絡する第二の出力側レンズと、を有することを特徴とする光スイッチ。

**【請求項 2】**

請求項 1 において、前記第二の入力側レンズ或いは前記第二の出力側レンズを経た光が光学的に連絡する前記受光部からの信号に基づいて前記第一の入力側レンズを経た光が光学的に連絡する前記可動ミラーを動かす角度を制御する制御値の補正を行うミラー制御装置を備えることを特徴とする光スイッチ。

**【請求項 3】**

複数の光ファイバを伝播する通信光を切り替える光スイッチであって、  
入力光が光学的に連絡する複数の入力側レンズと、  
前記入力側レンズを経た前記光が光学的に連絡する複数の可動ミラーと、  
前記可動ミラーを経た前記光が光学的に連絡する複数の出力側レンズと、  
前記可動ミラーに光学的に連絡する光を発生する発光部と前記可動ミラーを経た

前記発光部からの光が光学的に連絡する受光部と、を備え、  
前記複数の可動ミラーは、第1の外部装置からの通信光が入力側光ファイバを伝播して光学的に連絡する第一の複数の可動ミラーと、前記発光部からの光が光学的に連絡される第二の複数の可動ミラーとを有することを特徴とする光スイッチ。

#### 【請求項4】

請求項3において、前記第二の可動ミラーを経た光が光学的に連絡される前記受光部からの信号に基いて前記第一の複数の前記可動ミラーを動かす角度を制御する制御値の補正を行うミラー制御装置を備えることを特徴とする光スイッチ。

#### 【請求項5】

N本の入力側光ファイバとN本の出力側光ファイバと、前記入力側光ファイバと前記出力側光ファイバとの間に光学的には位置し、該光ファイバを伝播する通信光を切り替える光スイッチであって、  
前記入力側光ファイバと光学的に結合する複数のレンズを備える入力側レンズと、  
前記出力側光ファイバと光学的に結合する複数のレンズを備える出力側レンズと、  
前記入力側レンズからの通信光を反射する揺動可能に支持した複数のミラーを備える一次ミラーアレイと、  
前記一次ミラーアレイからの反射通信光を反射する揺動可能に支持した複数のミラーを備える二次ミラーアレイとを備え、前記入力側レンズ数が $N+2$ 本以上であり、出力側レンズ数が $N+2$ 本以上であり、一次ミラーアレイのミラー数が $N+2$ 個以上であり、二次ミラーアレイのミラー数が $N+2$ 個以上であることを特徴とする光スイッチ。

#### 【請求項6】

請求項5において、受光素子と、受光素子からの信号に基づいてミラーの位置制御を行うミラー制御装置とを備え、前記入力側レンズ及び前記出力側レンズは前記受光素子と光学的に結合する複数のレンズを各々有し、前記一次ミラーアレイ及び前記二次ミラーアレイは、前記受光素子と光学的に結合する複数のミラーを

各々有することを特徴とする光スイッチ。

【請求項 7】

請求項 5 において、前記ミラー制御装置は、受光素子の信号に基いて算出された、前記入力側レンズと前記一次ミラーアレイとの相対位置、前記一次ミラーアレイと前記二次ミラーアレイとの相対位置、前記二次ミラーアレイと前記出力側レンズとの相対位置のいずれかに基いて前記ミラーアレイのミラーを制御する制御値を補正する機構を有することを特徴とする光スイッチ。

【請求項 8】

複数の光ファイバを伝播する通信光を切り替える光スイッチの制御方法であって、  
入力光が光学的に連絡する複数の入力側レンズと、  
前記入力側レンズを経た前記光が光学的に連絡する複数の可動ミラーと、  
前記可動ミラーを経た前記光が光学的に連絡する複数の出力側レンズと、  
前記可動ミラーに光学的に連絡する光を発生する発光素子と、を備え、  
前記複数の可動ミラーは、第一の外部装置からの通信光が入力側光ファイバを伝播して光学的に連絡する第一の可動ミラーと、前記発光素子からの測定光を光学的に連絡する第二の複数の可動ミラーと、  
前記第二の複数の可動ミラーを経た前記測定光を光学的に連絡する受光素子とを有し、  
前記発光素子から前記第二の可動ミラーを経て受光部に光学的に連絡した光を用いて、前記第一の可動ミラーの制御を行うことを特徴とする光スイッチの制御方法。

【請求項 9】

請求項 8 において、前記受光部を複数備え、前記発光素子から前記第二の可動ミラーを経て複数の受光部に光学的に連絡した光を用いて、前記第一の前記可動ミラーを動かす角度を制御する制御値の補正を行うことを特徴とする光スイッチの制御方法。

【発明の詳細な説明】

**【0001】**

**【発明の属する技術分野】** 本発明は、光ファイバを用いる光通信装置に関し、特に、マイクロ電子機械システム(micro electro mechanical systems ; MEMS)技術を用いた光スイッチに関する。

**【0002】****【従来の技術】**

光通信システムでは通信網の中継点で、 $N \times N$ の光スイッチ、すなわち $N$ 個の入力ポートに光ファイバを通して送られてきた通信光の内、任意の一つを $N$ 個の出力ポート内任意の一つに接続でき、さらにこれらの接続を自由に切り替えることが求められる。従来は、この要求に対して、光を一旦電気信号に変換し、電気信号のスイッチングを行った後、光に変換していた。近年、これを光のままスイッチングする光スイッチの開発が進められている。

**【0003】**

光スイッチの光接続のための光学的監視をする技術として以下の文献がある。

特開2001-117025号では、光スイッチの前後に設置される光トランスレーションユニットを用いる形態が開示されている。光トランスレーションユニットとは、通信光を一旦電気信号に変換し、その強度、波形を確認した上で、通信光に再変換し光スイッチへ伝送する機器であり、通信光の品質を確保する。特開2001-117025号では、光スイッチ前後の光トランスレーションユニット内の電気信号を比較し、その差が最小になるよ可動ミラー28の姿勢を制御する。

**【0004】****【特許文献1】**

特開2001-117025号公報（図1及びその説明）

**【発明が解決しようとする課題】**

出力側コリメータレンズ26へ入射する光ビームは、高精度の位置決めが求められる。光ビームが出力側コリメータレンズ26の端面から外れた場合は、光学的に結合されなくなる。たとえ、光ビームが出力側コリメータレンズ26の端面に入っている、適正な入射角度範囲外であれば、光学的に結合されなくなるか、もしくは大幅な損失が生じる。コリメータレンズアレイとミラーアレイとは、組み立



て初期には高精度に位置決めされている。

#### 【0005】

しかしながら、光スイッチ設置環境の温度が変化した場合、コリメータレンズアレイとミラーアレイの相対位置が変化し、可動ミラー28が所定の姿勢を維持しても光学的結合ができなくなるおそれがある。もしくは大幅な損失が生じるおそれがある。あるいは、連続したスイッチングによって、光スイッチ装置自体の温度が上昇した場合、電気回路の出力が変化し、可動ミラー28が所定の姿勢を維持できなくなるおそれがある。

#### 【0006】

特開2001-117025号に開示された方法では、光スイッチ前後に光トランスレーションユニットが不可欠となるので光トランスレーションユニットによる構造の複雑化を招いてしまう。このため光スイッチのコスト削減には至らない。また、光トランスレーションユニットがN個のポート毎に2台、合計2N台設置されるため、設備寸法が大きくなる。

#### 【0007】

そこで本発明は、前記公知例における前記課題を解決する、光スイッチの設置環境温度の変化に対応し可動ミラーが最適姿勢を維持できるコンパクトな光スイッチを提供することを目的とする。

#### 【0008】

さらに、光スイッチ前後の全光ファイバの入出力光を分岐計測せず、且つ光スイッチの設置環境温度の変化に対応し、可動ミラーが最適姿勢を維持できる光スイッチの制御方法を提供することを目的とする。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明における解決手段は以下に例示した形態を有することができる。

#### 【0010】

本発明により、前記公知例における前記課題を解決する、光スイッチの設置環

境温度の変化などが生じても対応できる、可動ミラーが最適姿勢を維持できるコンパクトな光スイッチを提供することができる。

【0011】

また、光スイッチ前後の全光ファイバの入出力光を分岐計測をしなくとも、光スイッチの設置環境温度の変化に対応し、可動ミラーが最適姿勢を維持できる。

(1) 複数の光ファイバを伝播する通信光を切り替える光スイッチであって、入力光が光学的に連絡する複数の入力側レンズと、前記入力側レンズを経た前記光が光学的に連絡する複数の可動ミラーと、前記可動ミラーを経た前記光が光学的に連絡する複数の出力側レンズと、を備え、前記複数の入力側レンズは、第一の外部装置からの通信光が入力側光ファイバを伝播して光学的に連絡する第一の入力側レンズと、発光部からの光が光学的に連絡する第二の入力側レンズと、前記可動ミラーに光学的に連絡する光を発生する発光部と前記可動ミラーを経た前記発光部からの光が光学的に連絡する受光部と、を有し、前記複数の出力側レンズは、第二の外部装置へ通信光を伝播する第二の出力側光ファイバにレンズを経た光が光学的に連絡する第一の出力側レンズと、前記発光部からの光がレンズを経て受光部に光学的に連絡する第二の出力側レンズと、を有することを特徴とする光スイッチである。

(2) 前記(1)において、前記第二の入力側レンズ或いは前記第二の出力側レンズを経た光が光学的に連絡する前記受光部からの信号に基づいて前記第一の入力側レンズを経た光が光学的に連絡する前記可動ミラーを動かす角度を制御する制御値の補正を行うミラー制御装置を備えることを特徴とする光スイッチである。

(3) 複数の光ファイバを伝播する通信光を切り替える光スイッチであって、入力光が光学的に連絡する複数の入力側レンズと、前記入力側レンズを経た前記光が光学的に連絡する複数の可動ミラーと、前記可動ミラーを経た前記光が光学的に連絡する複数の出力側レンズと、前記可動ミラーに光学的に連絡する光を発生する発光部と前記可動ミラーを経た前記発光部からの光が光学的に連絡する受光部と、を備え、前記複数の可動ミラーは、第1の外部装置からの通信光が入力側光ファイバを伝播して光学的に連絡する第一の複数の可動ミラーと、前記発光部

からの光が光学的に連絡される第二の複数の可動ミラーとを有することを特徴とする光スイッチである。

(4) 前記(3)において、前記第二の可動ミラーを経た光が光学的に連絡される前記受光部からの信号に基いて前記第一の複数の前記可動ミラーを動かす角度を制御する制御値の補正を行うミラー制御装置を備えることを特徴とする光スイッチである。

(5) N本の入力側光ファイバとN本の出力側光ファイバと、前記入力側光ファイバと前記出力側光ファイバとの間に光学的には位置し、該光ファイバを伝播する通信光を切り替える光スイッチであって、前記入力側光ファイバと光学的に結合する複数のレンズを備える入力側レンズと、前記出力側光ファイバと光学的に結合する複数のレンズを備える出力側レンズと、前記入力側レンズからの通信光を反射する揺動可能に支持した複数のミラーを備える一次ミラーアレイと、前記一次ミラーアレイからの反射通信光を反射する揺動可能に支持した複数のミラーを備える二次ミラーアレイとを備え、前記入力側レンズ数が $N+2$ 本以上であり、出力側レンズ数が $N+2$ 本以上であり、一次ミラーアレイのミラー数が $N+2$ 個以上であり、二次ミラーアレイのミラー数が $N+2$ 個以上であることを特徴とする光スイッチである。

(6) 前記(5)において、受光素子と、受光素子からの信号に基づいてミラーの位置制御を行うミラー制御装置とを備え、前記入力側レンズ及び前記出力側レンズは前記受光素子と光学的に結合する複数のレンズを各々有し、前記一次ミラーアレイ及び前記二次ミラーアレイは、前記受光素子と光学的に結合する複数のミラーを各々有することを特徴とする光スイッチである。

#### 【0012】

また、ミラー制御装置では、光スイッチを用いて該光ファイバを伝播する通信光を生成しない発光素子と、記該発光素子によって生成された光を受光できる受光素子とを光学的に結合し、且つ切り替え、その結合に介在したミラーの制御信号を、入力側光ファイバと出力側光ファイバを伝播する通信光を切り替えるミラーの制御に用いることができる。

#### 【0013】

同様に、入力側レンズからの通信光を反射する一次ミラーアレイのミラー数を少なくとも $N+2$ 個以上とし、一次ミラーアレイからの反射通信光を反射する二次ミラーアレイのミラー数を少なくとも $N+2$ 個以上とする。

#### 【 0 0 1 4 】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。なお、本発明は、明細書に記載した形態に限られるのではなく、現在の公知技術或いは新たに生じる公知技術を適応することを妨げるものではない。

#### 【 0 0 1 5 】

図 1 は本発明における第一の実施例である光スイッチの概略斜視図である。光スイッチ 1 は、複数の入力側光ファイバ 2 と光学的に結合した入力側コリメータレンズ 3 が配列した入力側コリメータレンズアレイ 4、2 軸に揺動可能な可動ミラー 5 が配列した第一次ミラーアレイ 6、第二次ミラーアレイ 7、および出力側光ファイバ 8 と光学的に結合した出力側コリメータレンズ 9 が配列した出力側コリメータレンズアレイ 10 を構成要素として含む。第一次ミラーアレイ 6 と第二次ミラーアレイ 7 の可動ミラー 5 を適宜傾斜させて、入力側光ファイバ 2 と出力側光ファイバ 8 とを任意に光学的に結合させる。なお、本実施例では静電駆動方式を説明する。

#### 【 0 0 1 6 】

本実施例では、入力側光ファイバ 2、出力側光ファイバ 8 とともに 32 本、すなわち  $32 \times 32$  ch の光スイッチを示す。しかしながら、入力側コリメータレンズ 3、出力側コリメータレンズアレイ 9 におけるコリメータレンズの数は 36 個であり、第一次ミラーアレイ 6 と第二次ミラーアレイ 7 の可動ミラー 5 も同様に 36 個である。複数の入力側コリメータレンズ 3 は、第一の外部装置からの通信光が入力側光ファイバ 2 を伝播して光学的に連絡する第一の複数の入力側レンズと、発光部であるレーザーダイオード 11 からの光が光学的に連絡する第二の複数の入力側レンズとを有する。そして、複数の出力側コリメータレンズ 9 は、第二の外部装置へ通信光を伝播する第一の出力側光ファイバ 8 にレンズを経た光が光学的に連絡する第一の複数の出力側レンズと、前記発光部からの光がレンズを経て受光部に光学的

に連絡する第二の複数の出力側レンズと、を有している形態を有する。

#### 【0 0 1 7】

光スイッチは、発光部として発光素子であるレーザーダイオードを備える。また、受光部として受光素子であるフォトダイオードを備える。具体例としては、入力側コリメータレンズ3には、4個のレーザーダイオード11(以下、LDと表記する)が四隅に結合されており、同様に出力側コリメータレンズアレイ9の四隅には、フォトダイオード12(以下、PDと表記する)が結合されている。第一の複数の入力側レンズ及び第一の複数の出力側レンズは各々32個、第二の複数の入力側レンズ及び第二の複数の出力側レンズは4個の例を示している。

#### 【0 0 1 8】

以後、通信光と区別するためLD11からのレーザ光を計測光13と称する。また、計測光13を反射する第一次ミラーアレイ6の四隅の可動ミラーを第一次計測ミラー110、第二次ミラーアレイ7の四隅の可動ミラーを第二次計測ミラー120と称する。

#### 【0 0 1 9】

そして、前記第一の複数の入力側レンズ或いは前記第一の出力側レンズを経た光が光学的に連絡する前記受光部であるフォトダイオード12からの信号に基づいて前記第一の複数の入力側レンズを経た光が光学的に連絡する前記可動ミラーを動かす角度を制御する制御値の補正を行うミラー制御装置14を備える。

#### 【0 0 2 0】

また、上記形態は、前記可動ミラーに光学的に連絡する光を発生する発光部であるレーザーダイオード11と前記可動ミラーを経た前記発光部からの光が光学的に連絡する受光部であるフォトダイオード12とを備える。前記複数の可動ミラーは、第1の外部装置からの通信光が入力側光ファイバを伝播して光学的に連絡する第一の複数の可動ミラーと、前記発光部からの光が光学的に連絡される第二の複数の可動ミラーとを有するものであるといえることができる。そして、前記第二の可動ミラーを経た光が光学的に連絡される前記受光部からの信号に基づいて前記第一の複数の前記可動ミラーを動かす角度を制御する制御値の補正を行うミラー制御装置14を備える形態であるといえることができる。

**【0021】**

このように、複数のレンズと揺動可能に支持した複数のミラーを備え、複数のレンズの一部が該光ファイバと光学的に結合し、複数のレンズの一部が該光ファイバを伝播する通信光を生成しない発光素子と光学的に結合し、複数のレンズの一部が前記該発光素子によって生成された光を受光できる受光素子と光学的に結合している。

**【0022】**

まず、第一次ミラーアレイ6と第二次ミラーアレイ7の可動ミラー5の制御方法について説明する。

**【0023】**

まず、光スイッチは組み上げた状態でコリメータレンズアレイ、ミラーアレイに微小な位置ずれが生じている状態にある場合について説明する。さらに、個々の可動ミラーの剛性、すなわちミラー部を支持する梁の寸法とミラー部と対応する電極との間隔が、全ての可動ミラーが均一とは限らない。従って、理想的に配置された状態から幾何学的に算出されたミラー角度、設計寸法から算出された梁剛性、および静電引力を用いて、可動ミラーを傾斜させるべく電圧を印加しても、想定角度にミラー部が傾斜することはない、入力側光ファイバと出力側光ファイバとが最大効率で光学的に結合することは無い。さらに、装置の温度変化によって、コリメータレンズアレイ、ミラーアレイに微小な位置ずれが生じ、上記現象はいっそう顕著となる。

**【0024】**

従って、光スイッチに組み上げた後で、入力側光ファイバと出力側光ファイバとが最大効率で光学的に結合するように、第一次ミラーアレイ、第二次ミラーアレイの個々の可動ミラー組み合わせにおける最適傾斜角度、すなわち最適印加電圧をマップ化せねばならない。以後は、このマップ作成作業を初期調整作業と表記する。

**【0025】**

図2と図3を用いて初期調整作業を説明する。図2は本発明における第一の実施例である光スイッチの概略斜視図である。今後の説明のため、入力側コリメータ

レンズ4、出力側コリメータレンズ10の各レンズ、および第一次ミラーアレイ6、第二次ミラーアレイ7の個々の可動ミラーに記号を付ける。

#### 【0 0 2 6】

入力側コリメータレンズ4において、LD11と結合した四隅のレンズを11-Aから11-Dとする(猥雑化を避けるため、一部記号表記を省略)。さらに、通信光を出射するレンズを4-1から4-32とする(猥雑化を避けるため、一部記号表記を省略)。第一次ミラーアレイ6では、レンズと正対する位置に同様の記号を付け入るように、第一次計測ミラー110に110-Aから110-D、可動ミラーに6-1から6-32まで記号をつける(猥雑化を避けるため、一部記号表記を省略)。出力側コリメータレンズ10において、PD12と結合した四隅のレンズを12-Aから12-D、通信光を受光するレンズを10-1から10-32とする(猥雑化を避けるため、一部記号表記を省略)。第二次ミラーアレイ7では、レンズと正対する位置に同様の記号を付け入るように、第二次計測ミラー120に120-Aから120-D、可動ミラーに7-1から7-32まで記号をつける(猥雑化を避けるため、一部記号表記を省略)。

#### 【0 0 2 7】

ミラーの記号配置を明確にするため、図3に第一次ミラーアレイ6の正面図を示す。第一次ミラーアレイ6と正対する入力側コリメータレンズ4では、第一次ミラーアレイ6の個々のミラーと光学的に結合するレンズが、4-以下の番号が第一次ミラーアレイと同一配置である。第二次ミラーアレイ7では、第一次ミラーアレイ6の可動ミラーが傾斜しない状態で、概略ながら光学的に結合するミラーが、7-以下の番号が第一次ミラーアレイと同一配置である。さらに、第二次ミラーアレイ7と正対する出力側コリメータレンズ10では、第二次ミラーアレイ7の個々のミラーと光学的に結合するレンズが、10-以下の番号が第二次ミラーアレイ7と同一配置である。

#### 【0 0 2 8】

まず、入力側コリメータレンズ4-1と出力側コリメータレンズ10のすべてのレンズと結合させる。まず、可動ミラー6-1と可動ミラー7-1の各々をX,Y軸共に微小に傾斜角度を変え、入力側コリメータレンズ4-1からの光ビームを出力側コリメータレンズ10-1に最高効率で光学的に結合するミラー角度、すなわち印加電圧を

見つけ出す。この作業を、可動ミラー6-1に対して、順次、可動ミラー7-1から7-32まで行う。さらに、同様の作業を各々の入力側コリメータレンズについて順次行い、表1に示す最適印加電圧のマップ(以下、ルックアップテーブルと表記する)を作成する。

表1 ルックアップテーブル(例)

		出力側レンズアレイ						
		7-1	7-2	7-3	...	7-30	7-31	7-32
入力側 レンズアレイ	6-1	出力 $X=O.V, Y=\Delta V$						
		入力 $X=O.V, Y=\Delta V$						
	6-2							
	6-3							
	6-30							
	6-31							
	6-32							

【0029】

上記の初期調整作業によってルックアップテーブルが作成された後、コリメータレンズアレイとミラーアレイの相対位置が変化しない、且つ制御回路の出力が変化しなければ、テーブルどおりの印加電圧によって入出力光ファイバ間を最高効率で光学的に結合することができる。しかしながら前述のように、光スイッチ設置環境の温度変化によってコリメータレンズアレイとミラーアレイの相対位置が変化する、あるいは光スイッチ装置の制御回路の温度上昇によって出力電圧が変化する。その結果、ルックアップテーブルの出力命令を出しても、入出力光ファイバ間を最高効率で光学的に結合することができなくなる。本発明は、上記課題をより低コストに効果的に解決することができる。

【0030】

以下、制御構成を図4を用いて説明する。図4は本発明の一実施例である制御方式の構成を示すブロック図である。図4において、14は第一次ミラーアレイ6と二次ミラーアレイ7を制御するミラー制御装置であり、アンプ、D/Aコンバータ、



演算素子、メモリ等から構成される。上記で説明したルックアップテーブルはミラー制御装置14のメモリ内部に保存されている。15はLD11、PD12を制御し、第一次ミラーアレイ6、第二次ミラーアレイ7の制御を修正する処理装置であり、A/Dコンバータ、演算素子、メモリ等から構成される。ミラー制御装置14と処理装置15を合わせて、光スイッチ制御装置16となる。光スイッチ制御装置17は、インターフェースを介して外部装置から入力側光ファイバと出力側光ファイバとの切り替え信号等を受け取る。

### 【0031】

以下、制御方法を図1、2、4を用いて説明する。

### 【0032】

概要としては、通信用を発生しないLD11を2個以上の入力側コリメータレンズ3に結合し、同様に通信光を受光しないPD12を2個以上の出力側コリメータレンズ9に結合する形態を有している。一次ミラーと二次ミラーを制御して、発光素子と結合した入力側コリメータレンズとPD12と結合した出力側コリメータレンズを光学的に結合する。この時に、受光素子の出力が最大になるように、一次ミラーと二次ミラーの可動ミラーの傾斜角度を調節する。さらに、2個以上の入力側コリメータレンズと出力側コリメータレンズ間で光学的に切り替え、同様にLD12の出力が最大になるように、一次ミラーと二次ミラーの可動ミラーの傾斜角度を調節する。この一次ミラーと二次ミラーの可動ミラーの傾斜角度調節を行い、一次ミラーと二次ミラーの最適傾斜角度から、コリメータレンズアレイとミラーアレイとの相対位置の変化、および電気回路の出力変化を算出する。その計算結果を、通信光を切り替える他の可動ミラーの傾斜角度に反映し、コリメータレンズアレイとミラーアレイとの相対位置の変化、電気回路の出力変化を考慮した最適傾斜角度に制御するようにする。具体的には、以下に詳述する。

### 【0033】

LD11からのレーザ光13は、第一次ミラーアレイ6の四隅の第一次計測ミラー110で反射され、さらに第二次ミラーアレイ7の四隅の第二次計測ミラー120で反射し、出力側コリメータレンズアレイ9の四隅のPD12と光学的に結合する。常時、PD12によってレーザ光13の光出力を計測しながら、第一次計測ミラー110と第二次

計測ミラー120の各々をX,Y軸共に微小に傾斜角度を変え、PD12の出力を最大にするミラー姿勢を見出す。さらに、第一次計測ミラー110-Aから110-Dと、第二次計測ミラー120-Aから120-Dとの間を次々に切り替え、 $4 \times 4 = 16$ 通りの最適なミラー姿勢を算出する。算出は定期的に行うことが好ましい。

#### 【0 0 3 4】

図4に示すように、コリメータレンズアレイとミラーアレイの相対位置変化や、制御回路の出力電圧変化を反映した16通りの最適なミラー姿勢の情報を、初期調整作業によって作成したルックアップテーブルに反映し、第一次ミラーアレイ6、第二次ミラーアレイ7のミラー制御を行う。

#### 【0 0 3 5】

以下、ルックアップテーブルへの反映方法の一例を説明する。まず、計測ミラーによって求められた16通りの最適なミラー姿勢から、コリメータレンズアレイとミラーアレイの相対位置変化、あるいは制御回路の出力変化を、第一次ミラーアレイ6から見た第二次ミラーアレイ7の相対位置変化、すなわち第二次ミラーアレイ7の相対的な変形に置き換える。次いで、相対的に変形した第二次ミラーアレイ7の形状を、計測された四隅の4点によって算出する。さらに計算結果から、ルックアップテーブルに相当する、その内側の座標を近似算出する。最も簡便な方法は、相対的に変形した第二次ミラーアレイ7の形状を平面と仮定し、四隅の4点を直線によって結び、その内部を均等に分割する直線近似である。あるいは、事前に計測、解析した結果を事前に入力しておき、その曲面と仮定して相対的に変形した第二次ミラーアレイ7の形状を曲面近似する。また、内側の分割は、同様に事前に計測、解析した結果を事前に入力しておき、生じた曲面形状に最も生じやすい分割方法とする。この算出した座標とルックアップテーブルを比較し、その差がゼロとなるようにルックアップテーブルの電圧値を制御する。

#### 【0 0 3 6】

このようにして通信光を反射するミラーアレイの振り角を補正する。例えば一次ミラーアレイ6の一つのミラーから二次ミラーアレイ7に光を光学的に連絡する際の振り角を得るための制御値である電圧値を初期値から補正する。初期値が既に変更されている場合は、既存値を更新することができる。なお、もし、二次

ミラーアレイ7がなく一次ミラーアレイ6からを経た光が出力側コリメータレンズアレイ9に光学的に連絡するような場合は、前記一次ミラーアレイ6から出力側コリメータレンズアレイ9の一つへ光学的に連絡するためのミラーの振り角とすることができる。

#### 【0037】

本発明により、一次ミラーアレイ面と二次ミラーアレイ面との相対位置変化、或いは一次或いは二次ミラーアレイ面とコリメータレンズアレイ面との相対位置変化を求め、それに基づいて各ミラーの駆動量の補正を行うので、ミラーの数だけ発光部や受光部を備える必要がなく、コンパクトな光スイッチを形成することができる。係る観点からは測定光がミラーアレイの最外周側に位置するミラーに光学的に連絡するよう形成することが好ましい。

#### 【0038】

上記実施例では、ミラー制御装置と処理装置とに、各々演算素子、メモリを設けたが、演算素子、メモリの容量によっては、共用することは可能である。

#### 【0039】

また上記実施例では、4個のLDとPDを用い4組（ $4 \times 4 = 16$ 通り）のミラー組み合わせを計測したが、本発明はこれに限定するものではない。1組のミラー組み合わせには、第一次ミラーアレイ6、第二次ミラーアレイ7のミラー各々にX軸、Y軸の最適角度が算出される。すなわち、全ての変形を第二次ミラーアレイ7の相対変形に置き換えた、相対変形後の第二次ミラーアレイ7の形状は、最低2組のミラー組み合わせによって算出できる。従って、本発明では、2本以上の入力側コリメータレンズと2本以上の出力側コリメータレンズが、通信光を用いずに光学的に結合し、その状態をフィードバックすることが不可欠である。

#### 【0040】

また上記実施例では、ミラーの駆動方法として静電駆動方式を用いたが、本発明はこれに限定するものではなく、他の駆動方法であってもその効果は変わらない。たとえば、ローレンツ力駆動方式の場合、上記ルックアップテーブルは、コイルを流れる電流値となる。上記実施例による方法で求めた相対変形後の第二次ミラーアレイ7の形状をもとに、コイル電流値からなるルックアップテーブルを修正

する。すなわち、初期調整作業によって作成したテーブルを基に制御できる駆動方式ならば、その方式に制限されることなく本発明はその効果を発揮できる。

#### 【0041】

MEMS技術応用の比較例の光スイッチの構造を図5,6,7に示す。比較例の光スイッチ20は、光ファイバーアレイ、コリメータレンズアレイ、ミラーアレイ等から構成される。ミラーアレイには、1軸、もしくは2軸に傾斜可能な可動ミラーが配列されており、光ファイバーアレイ、コリメータレンズアレイは、ミラーアレイの可動ミラーとほぼ同数の光ファイバー、コリメータレンズが、同様の配列をなしている。

#### 【0042】

入力側光ファイバ21、入力側コリメータレンズアレイ22を通過して形成された光ビーム23は、第一次ミラーアレイ24で反射し、対向する第二次ミラーアレイ25で再び反射し、他方の出力側コリメータレンズ26を通過して出力側光ファイバ27と光学的に結合される。第一次ミラーアレイ24と第二次ミラーアレイ25に設けられた可動ミラー28の傾斜姿勢を変え、各々の反射によってスイッチングを行う。

#### 【0043】

可動ミラー28は複数本の梁で揺動可能に中空に支持した構造が用いられている。可動ミラー28を傾斜する方法は各種様々な方法が考えられるが、静電力による駆動(以下、静電駆動方式と表記する)とローレンツ力による駆動(以下、ローレンツ力駆動方式と表記する)が電氣的制御が容易である。ローレンツ力駆動方式の場合は、多くは可動ミラー28上にコイルを設け、磁石を配置した外部磁場内に可動ミラー28を配置する。このコイルに流す電流を制御することによってローレンツ力を制御し、ミラー部を支持する梁をねじり、梁のねじり力とのバランスによって定姿勢を維持する。図6,7を用いて静電駆動方式の可動ミラー構造を説明する。可動ミラー28は光反射部29を複数本の梁30で揺動可能に中空に支持した構造である光反射部29とほぼ対向する位置に複数の電極31を形成し、この間に電圧をかけて静電吸引力を発生させる。この電圧を制御することによって静電引力を制御し、ミラー部を揺動可能に支持する梁30をねじり、梁のねじり力とのバランスによって定姿勢を維持する。

## 【0044】

出力側コリメータレンズ26へ入射する光ビームは、高精度の位置決めが求められる。光ビームが出力側コリメータレンズ26の端面から外れた場合は、光学的に結合されなくなる。たとえ、光ビームが出力側コリメータレンズ26の端面に入っているとしても、適正な入射角度範囲外であれば、光学的に結合されなくなるか、もしくは大幅な損失が生じる。これは、コリメータレンズの端面と接続されている光ファイバのコア部(通信光が伝達する部分)が、シングルモードファイバーの場合ならば径約 $10\mu\text{m}$ ときわめて微細のため、わずかに入射光がずれてもコア部から外れてしまうためである。レンズ、光ファイバの種類にもよるが、光ビームの出力側コリメータレンズ26への入射角度は、許容される損失が数dBとすると、約0.数度の精度でなければならない。従って、光ビームの位置、角度を決定するミラーアレイにおける個々の可動ミラー28の姿勢は、きわめて高精度に保たれねばならない。

## 【0045】

コリメータレンズアレイとミラーアレイとは、組み立て初期には高精度に位置決めされている。その結果、ローレンツ力駆動方式の場合は所定電流値、静電駆動方式の場合は所定電圧を加えることによって、可動ミラー28を所定の姿勢に維持でき、所定の入力側コリメータレンズ22を通過して形成された光ビームは、所定の出力側光ファイバ27と光学的に結合される。しかしながら、光スイッチ設置環境の温度が変化した場合、コリメータレンズアレイとミラーアレイの相対位置が変化し、可動ミラー28が所定の姿勢を維持しても光学的結合ができなくなるおそれ、もしくは大幅な損失が生じるおそれがある。あるいは、連続したスイッチングによって、光スイッチ装置自体の温度が上昇した場合、電気回路の出力が変化し、可動ミラー28が所定の姿勢を維持できなくなるおそれがある。

## 【0046】

このような現象を回避するために、可動ミラー28の姿勢を高精度に制御するために様々な制御方法が考えられる。光スイッチ前後の入出力光ファイバ全てにカプラを取り付け通信光の一部を分岐、計測して、可動ミラー28の姿勢制御にフィードバックする方法を図8に示す。入力側光ファイバ21にカプラ31を取り付け通

信光の一部を分岐し、光スイッチ前の通信光を監視する。さらに出力側光ファイバ27にも同様にカプラ31を取り付け光スイッチ後の通信光を監視する。光スイッチ前、後の通信光強度から、第一次ミラーアレイ24と第二次ミラーアレイ25の最適姿勢を制御装置32で算出する。その結果を、第一次ミラーアレイ24と第二次ミラーアレイ25の制御に反映する。この作業を常時行い、最高効率で入出力光ファイバを結合させる。なお、図8には、猥雑さを避けるため1本の入出力光ファイバだけを記載した。前記のように、この方法は、全ての入出力光ファイバにカプラを取り付けねばならない。全入出力ファイバにカプラを取り付けている方法では、 $N \times N$ の光スイッチ、すなわち $N$ 個の入力ポートでは、 $2N$ 個のカプラが必要となる。そのコストが、光スイッチ全体のコストを押し上げる原因となる。また、カプラによる分岐のため、入力出力光の損失が大きくなる。通信光が強度低下した場合、通信光を一旦電気変換し、電氣的増幅を行い、再び光へ変換せねばならない。この増幅行程が入ると、光-電気変換設備、電気-光変換設備を必要とし、変換機器のコスト増加が生じる。

#### 【0047】

これに対して、本実施例の構造によって、前記比較例のデメリットを小さくし、カプラを用いて通信光を分岐することなく、コリメートレンズアレイ、ミラーアレイの位置変化、電気回路の出力変化を修正することができる。このため、光スイッチの部品点数を減らすことができる。さらに、カプラによる分岐によって生じる損失を抑制できる。

#### 【0048】

また、本発明の実施例の光スイッチではカプラを用いて通信光を分岐しないため、従来の光スイッチよりも小型化することができる。

#### 【0049】

また、本発明の光スイッチの制御方法では、カプラを削減したため安価となる。

#### 【0050】

また、通信光をスイッチングするミラーとは別のミラーで、独立してコリメートレンズアレイ、ミラーアレイの位置変化、電気回路の出力変化を計測するため

、従来のフィードバック制御のように通信光をスイッチングするミラーを微動させる必要が無い。その結果、通信光の結合を安定できる。

### 【 0 0 5 1 】

#### 【発明の効果】

本発明により光スイッチ可動ミラーが最適姿勢を維持できるコンパクトな光スイッチを提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明における第一の実施例である光スイッチの概略斜視図。

【図2】 本発明における第一の実施例である光スイッチの概略斜視図。

【図3】 第一次ミラーアレイ6の正面図。

【図4】 本発明の一実施例である制御方式の構成を示すブロック図。

【図5】 比較例の光スイッチの概略斜視図。

【図6】 比較例の光スイッチ可動ミラーの概略正面図。

【図7】 比較例の光スイッチ可動ミラーの概略断面図。

【図8】 比較例の光スイッチ制御方式の構成を示すブロック図。

【符号の説明】 1…光スイッチ、2…入力側光ファイバ、3…入力側コリメータレンズ、4…入力側コリメータレンズアレイ、5…可動ミラー、6…第一次ミラーアレイ、7…第二次ミラーアレイ、8…出力側光ファイバ、9…出力側コリメータレンズ、10…出力側コリメータレンズアレイ、11…レーザーダイオード、12…フォトダイオード、13…計測光、110…第一次計測ミラー、120…第二次計測ミラー、14…ミラー制御装置、15…処理装置、16…光スイッチ制御装置、20…従来の光スイッチ、31…カプラ

【書類名】 図面

【図 1】

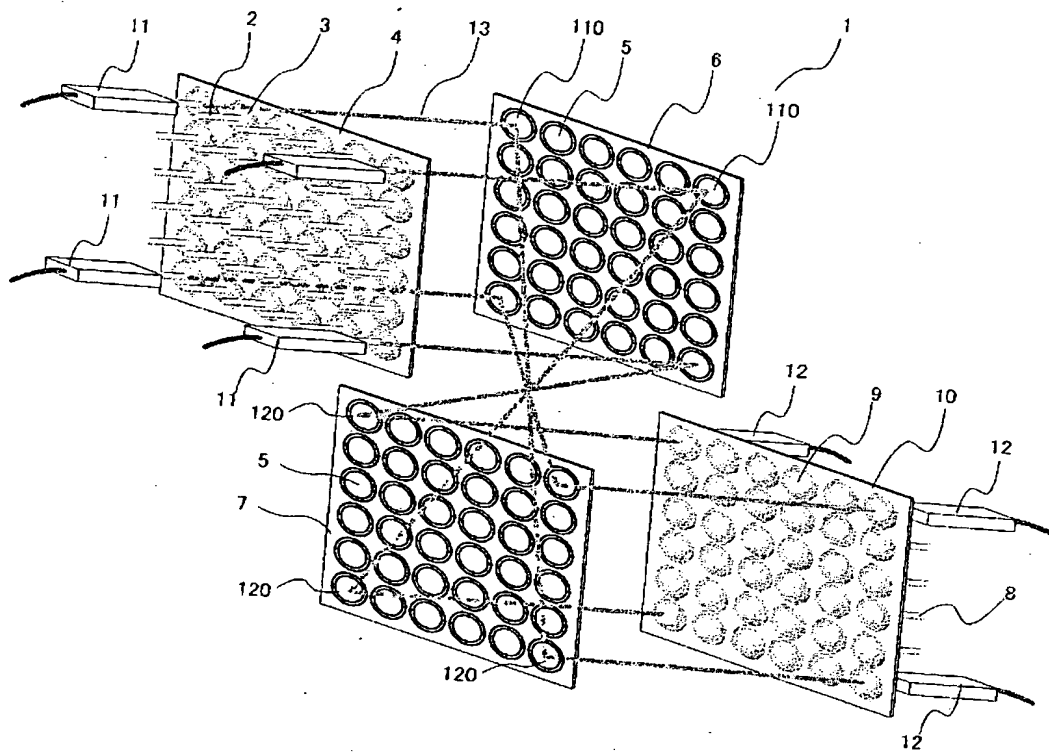


図 1



【図 2】

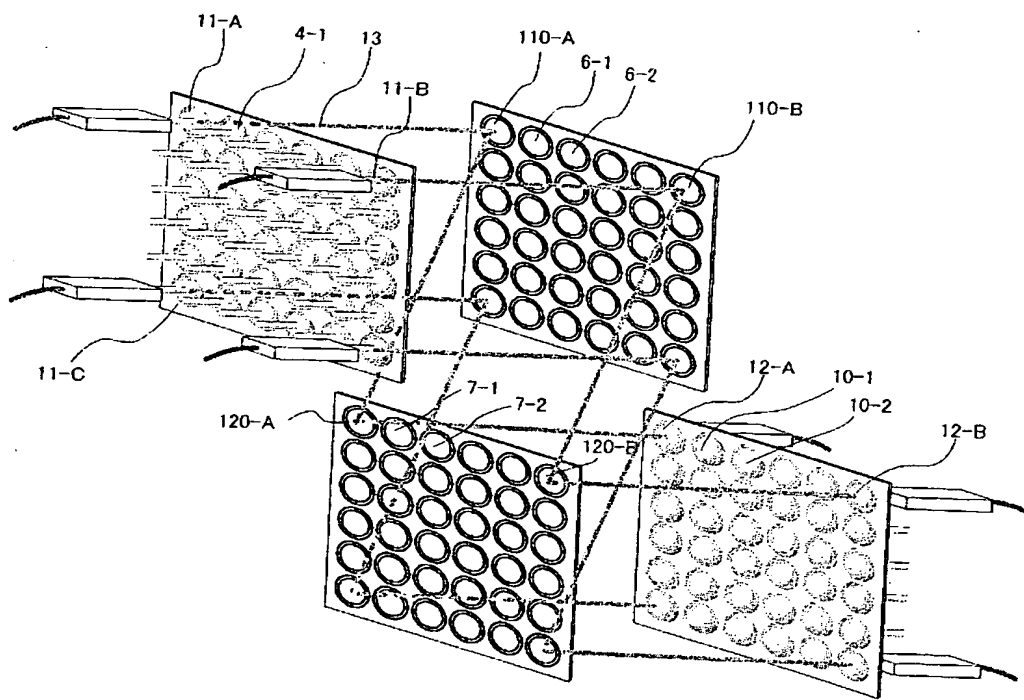


図 2

【図 3】

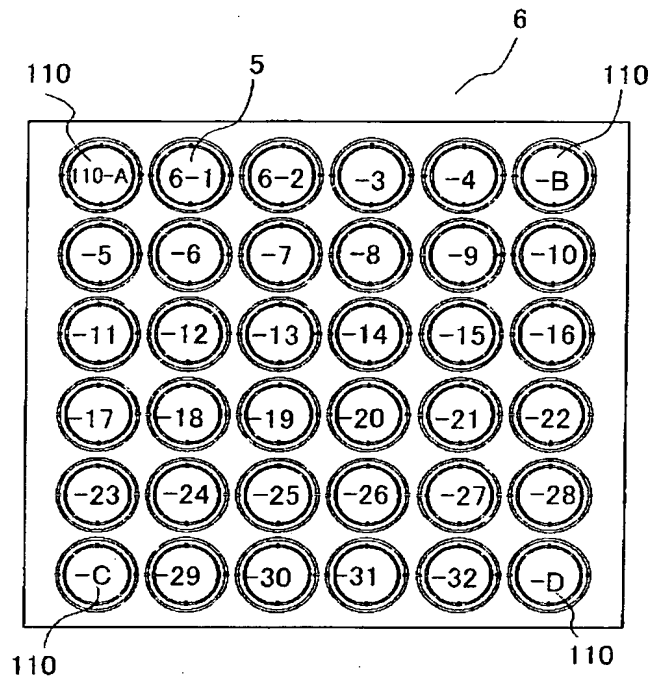


図 3

【図 4】

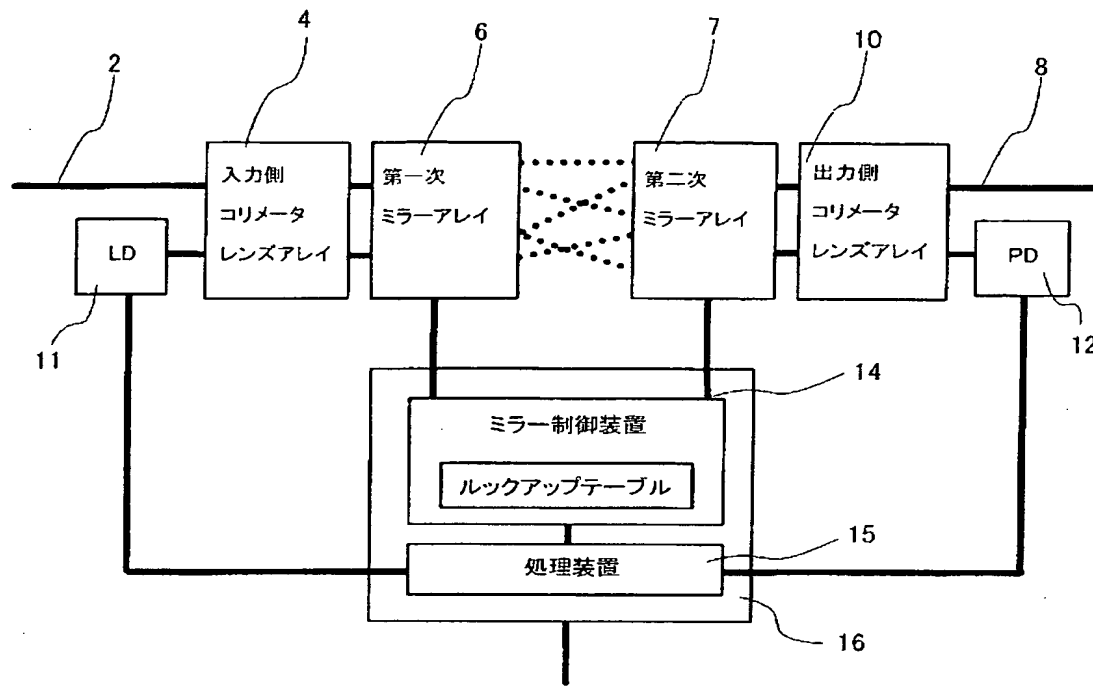


図 4

【図 5】

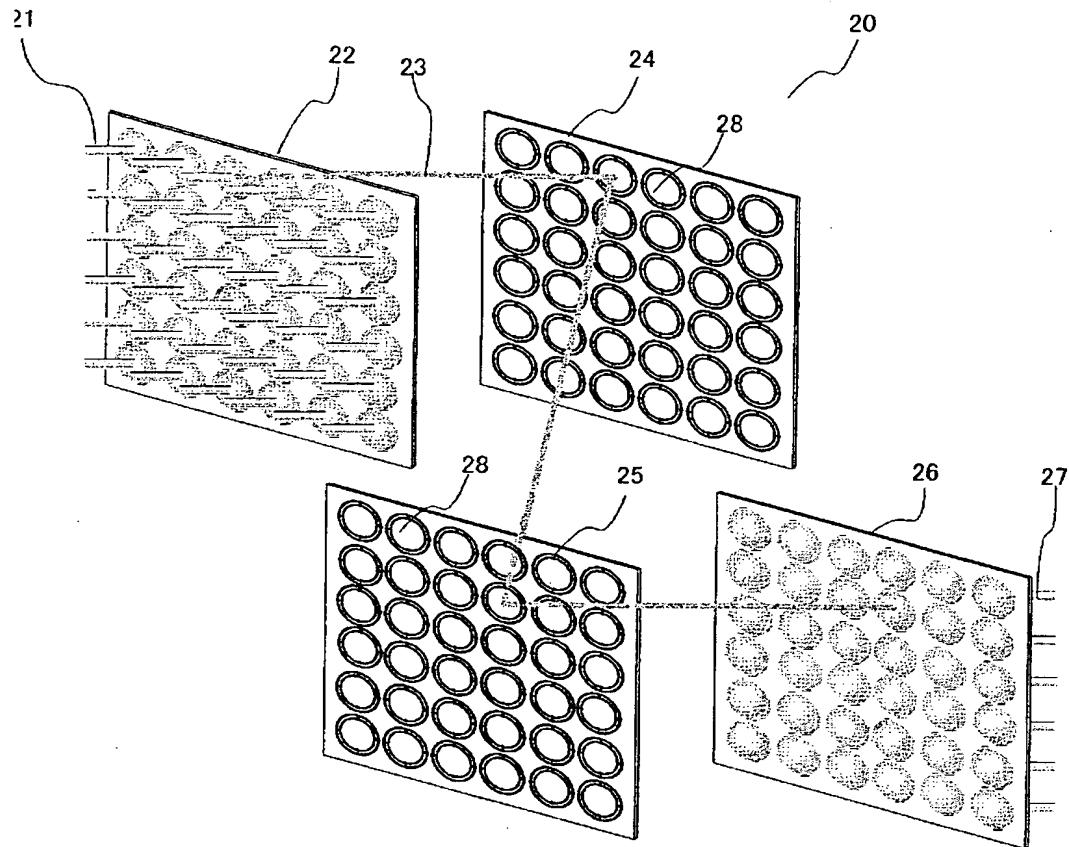


図 5

【図 6】

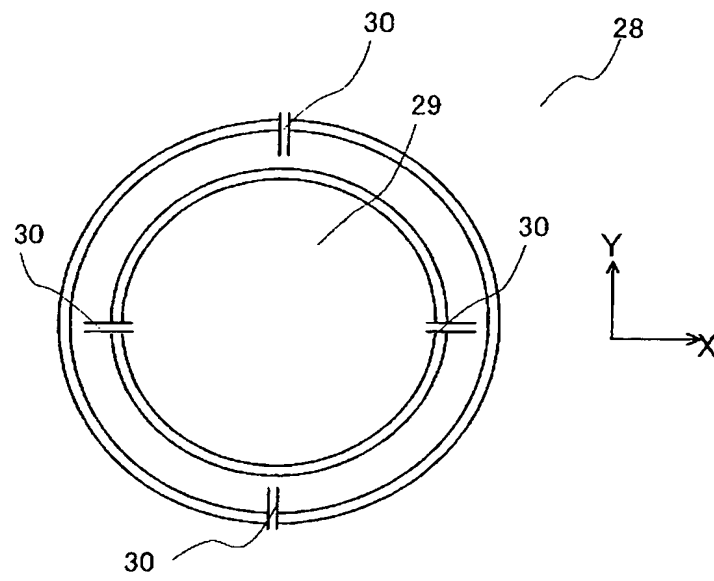


図 6

【図 7】

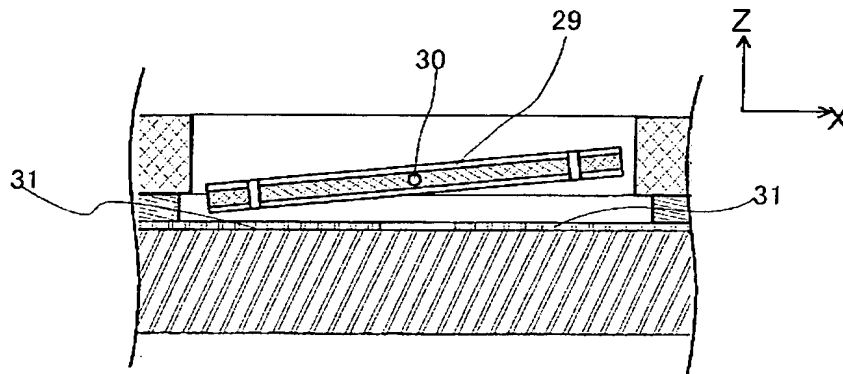


図 7

【図 8】

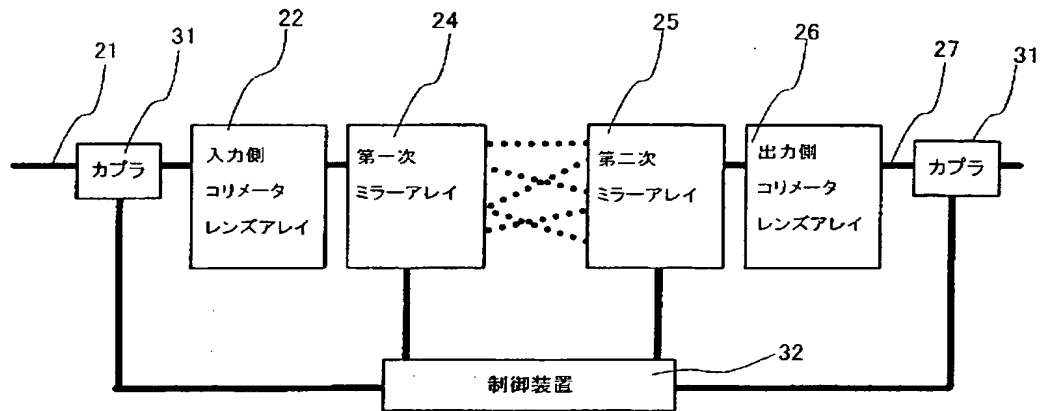


図 8

**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 本発明は、光スイッチ可動ミラーが最適姿勢を維持できるコンパクトな光スイッチを提供することを目的とする。

**【解決手段】** 入力側レンズ数を入力側光ファイバ数 $N$ 本よりも少なくとも2本以上多い $N+2$ 個以上とし、出力側レンズ数を出力側光ファイバ数 $N$ 本よりも少なくとも2本以上多い $N+2$ 個以上であり、入力側レンズに2個以上のレーザーダイオード、出力側レンズ数に2個以上のフォトダイオードが結合されている光スイッチである。ミラーアレイを用いてレーザーダイオードとフォトダイオードを結合して、可動ミラーの角度調整を行う。これにより通信光の結合を安定化できる。

**【選択図】** 図4

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 8 8 1 9 2
受付番号	5 0 2 0 1 4 7 2 9 1 2
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 4 年 1 0 月 2 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年10月 1日
-------	-------------

次頁無



特願 2 0 0 2 - 2 8 8 1 9 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 1 0 8 ]

1. 変更年月日  
[変更理由]

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日  
新規登録

住 所  
氏 名

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地  
株式会社日立製作所